

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000737

International filing date: 26 January 2005 (26.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 004 148.2
Filing date: 28 January 2004 (28.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 March 2005 (14.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



EP / 05 / 737

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

10 2004 004 148.2

Anmeldetag:

28. Januar 2004

Anmelder/Inhaber:

Minebea Co. Ltd., Kitasaku, Nagano/JP

Bezeichnung:

Piezoelektrische Antriebseinheit und Verfahren zur
Erzeugung einer vorzugsweise rotatorischen An-
triebsbewegung einer solchen Antriebseinheit

IPC:

H 02 N 2/12

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 2. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PATENTANWALT
DR.-ING. PETER RIEBLING
Dipl.-Ing.

EUROPEAN PATENT & TRADEMARK ATTORNEY

Postfach 3160
D-88113 Lindau (Bodensee)
Telefon (083 82) 7 80 25
Telefon (083 82) 96 92-0
Telefax (083 82) 7 80 27
Telefax (083 82) 96 92-30
E-mail: info@patent-riebling.de
www.patent-riebling.de

17350.2-P843-54
22. Januar 2004

Anmelder: Minebea Co., Ltd.,
4106-73 Oaza Miyota, Miyota-machi,
Kitasaku-gun, Nagano-ken
Japan

**Piezoelektrische Antriebseinheit und Verfahren zur Erzeugung einer
vorzugsweise rotatorischen Antriebsbewegung einer solchen
Antriebseinheit**

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Antriebseinheit und ein Verfahren zur Erzeugung einer vorzugsweise rotatorischen Antriebsbewegung einer solchen Antriebseinheit. Die Antriebseinheit umfasst einen Stator einen Rotor und Antriebselemente in Form von vorzugsweise mehreren piezoelektrischen Aktoren.

Stand der Technik

Piezoelektrische Aktoren oder Elemente ändern unter dem Einfluss einer veränderlichen elektrischen Spannung ihre Länge. Dadurch ist es möglich und
5 bekannt, in einem kinematischen System eine zwangsläufige Bewegung derart zu erreichen, dass die Translation oder Rotation eines Gliedes genutzt werden kann bis hin zur fortlaufenden Bewegung.

10 Nach dem heutigen Stand der Technik werden Aktoren als piezoelektrische Biegewandler oder Translatoren einzeln, in Gruppen oder in Verbindung mit Wegveränderungssystemen für eine fortlaufende translatorische oder drehende Bewegung eines Antriebsgliedes selbst in Längs- oder Biegeschwingungen versetzt, um einen eigenen ausgewählten Punkt auf einer geschlossenen Bahn zu bewegen, die geeignet ist diese Bewegung durch
15 Reibpaarung mit einem Abtriebsglied auf dieses zu übertragen. Dieses Prinzip wird bei sogenannten Ultraschallmotoren eingesetzt. Andere Ausführungen bewirken durch Klemmen und Lösen eine Mitnahme, also auch durch Reibschluss. Durch eine ringförmige Anordnung von Aktoren und ihre periodische Ansteuerung kann eine Wanderwelle erzeugt werden, die auf
20 einen Rotor übertragen, diesen in Drehung um seine Rotationsachse versetzt. Eine solche rotierende Ausführung eines piezoelektrischen Motors ist zum Beispiel in der EP 449 048 B1 offenbart.

Die bekannten Lösungen besitzen unter anderem den Nachteil, dass hier eine
25 Bewegungsübertragung durch Reibschluss erfolgt. Dabei wird die Kraft- und Momentenübertragung durch die erforderliche Mindestvorspannung an der Paarungsstelle und den Reibbeiwert bestimmt. Ferner tritt ein unerwünschter Verschleiß an der Reibpaarungsstelle auf. Zur Sicherung der Funktion werden Piezomotoren mit Reibschluss an der Bewegungsübertragungsstelle mit hoher
30 Frequenz betrieben. Eine Drehzahlverstellung ist über die Frequenz dabei kaum möglich. Schließlich sind die übertragbaren Momente dieser Motoren insbesondere bei Biegeschwingern sehr gering.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine piezoelektrische
5 Antriebseinheit zur Erzeugung einer vorzugsweise rotatorischen
Antriebsbewegungen zu schaffen, bei der auf eine Bewegungsübertragung
durch Reibschluss mit allen seinen Nachteilen verzichtet wird.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Antriebseinheit gemäß dem
unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Ein Verfahren zur Erzeugung einer
vorzugsweise rotatorischen Antriebsbewegung einer solchen Antriebseinheit
ist im unabhängigen Patentanspruch 10 angegeben.

15 Bevorzugte Ausgestaltungen und weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung
sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Die Antriebseinheit umfasst erfindungsgemäß einen mit einem fluiden Medium
gefüllten ringförmigen Spalt, der zwischen einander zugewandten Oberflächen
des Stators und des Rotors ausgebildet ist, mehrere, an den Spalt
20 angrenzend angeordnete piezoelektrische Aktoren, die bei elektrischer
Anregung nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen
Funktion eine im Wesentlichen radiale Längenänderung in Richtung des
Spaltes ausführen, derart, dass die abgegebene mechanische Energie der
Aktoren als Strömungsenergie auf das fluide Medium übertragen wird, wobei
25 die Strömungsenergie des fluiden Mediums auf den Rotor übertragen und in
eine rotatorische Antriebsbewegung des Rotors umgesetzt wird.

Der Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die Bewegungsübertragung auf den
Rotor nahezu verschleißfrei durch die dem fluiden Medium mittels der
30 piezoelektrischen Aktoren aufgeprägte hydrodynamische Energie erfolgt.
In vorteilhafter Weise bietet sich ein derartiges Antriebskonzept bei Motoren
an, deren Rotor mittels eines hydrodynamischen Lagersystem gelagert ist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die piezoelektrischen Aktoren entlang des Umfangs des Spaltes in einer gemeinsamen Ebene angeordnet, wobei die Ebene vorzugsweise etwa senkrecht zur
 5 Rotationsachse verläuft.

Dabei sind die piezoelektrischen Aktoren segmentartig ausgebildet und an die ringförmige Geometrie des Spaltes angepasst.

10 Zur besseren Übertragung der hydrodynamischen Energie des Fluids auf den Rotor weist ein Teil des Rotors vorzugsweise über seinen Umfang verteilt angeordnete, dem Spalt zugewandte und von dem fluiden Medium umströmte rippenförmige Vorsprünge auf.

15 Die Lagerung des Rotors gegenüber dem Stator kann auf bekannte Weise mittels Wälzlagersystemen erfolgen.

Vorteilhaft bietet es sich aber an, den Rotor mittels eines hydrodynamischen Lagersystems im Stator zu lagern. Auf diese Weise kann ein Teil des Lagerspalts gleichzeitig als Spalt für das Antriebssystem verwendet werden.

20 Das als Schmiermittel verwendete fluide Medium des hydrodynamischen Lagers dient dabei gleichzeitig als Antriebsmedium.

Die Antriebseinheit kann vorteilhaft als Spindelmotor zum Antrieb der Speicherplatten eines Festplattenlaufwerks ausgebildet sein.

25 Nach den erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt die Kraftübertragung bei der beschriebenen piezoelektrischen Antriebseinheit nach dem hydrodynamischen Prinzip, wobei die von den piezoelektrischen Aktoren abgegebene mechanische Energie in Strömungsenergie eines fluiden
 30 Mediums gewandelt wird, welche vom Rotor der Antriebseinheit wieder in mechanische Energie rücktransformiert wird.

Die Drehzahl des Rotors bzw. das erreichbare Drehmoment ist unter anderem abhängig von der Frequenz mit der die Aktoren angesteuert werden und dem Grad der Längenänderung (abhängig von der angelegten Spannung).

Zur Beschreibung der Übertragungsfähigkeit von hydrodynamischen

- 5 Antrieben dienen daher die Grundlagen der Strömungslehre. Betrachtet man den im Spalt umlaufenden Fluidstrom, so errechnet sich die darin enthaltene Leistung aus der Größe des fließenden Massenstroms und aus der ihm aufgeprägten spezifischen Energie (Geschwindigkeit). Für die Strömung im Ringspalt lassen sich die Beziehungen aus den von Bernoulli erarbeiteten Grundlagen entwickeln.

Für eine bestmögliche Leistungsübertragung ist die Strömung im Spalt vorzugsweise quer zur Rotationsachse der Antriebseinheit gerichtet.

- 15 Es ist eine elektronische Steuerungseinrichtung vorgesehen, welche die piezoelektrischen Aktoren nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen Funktion elektrisch ansteuert, so dass sich im Lagerspalt eine gewünschte Strömung des fluiden Mediums einstellt.

- 20 Dabei werden in Bezug auf die Rotationsachse gegenüberliegende piezoelektrischen Aktoren vorzugsweise paarweise angesteuert.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand von Zeichnungsfiguren näher erläutert.

25 Kurzbeschreibung der Zeichnungen

- Figur 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine als Spindelmotor ausgebildete, erfindungsgemäße Antriebseinheit;
- Figur 2a zeigt einen Querschnitt der Antriebseinheit im Bereich der piezoelektrischen Aktoren während einer ersten Ansteuerungsphase;
- 30

- Figur 2b zeigt einen Querschnitt der Antriebseinheit im Bereich der piezoelektrischen Aktoren während einer zweiten Ansteuerungsphase;
- Figur 2c zeigt einen Querschnitt der Antriebseinheit im Bereich der piezoelektrischen Aktoren während einer zweiten Ansteuerungsphase;
- Figur 3 zeigt ein schematisches Diagramm des zeitlichen Verlaufs der an die piezoelektrischen Aktoren angelegten Steuerspannungen.

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

In Figur 1 ist eine als Spindelmotor ausgebildete erfindungsgemäße Antriebseinheit dargestellt, wie sie zum Beispiel zum Antrieb von Speicherplatten eines Festplattenlaufwerks eingesetzt werden kann.

- Die Antriebseinheit umfasst einen Stator in Form einer feststehenden Lagerhülse 1 mit einer axialen zylindrischen Bohrung, in welcher eine Welle 2 um eine Rotationsachse 11 drehbar aufgenommen ist. Die Lagerhülse 1 selbst ist in einem Basisflansch 3 eingepresst. Zwischen dem Innendurchmesser der Lagerhülse 1 und dem geringfügig kleineren Außendurchmesser der Welle 2 ist mindestens ein hydrodynamischer Radiallagerbereich mit einem Lagerspalt 4 vorgesehen, der mit einem Schmiermittel, vorzugsweise einem fluiden Medium 10, gefüllt ist. Dieser Radiallagerbereich ist in bekannter Weise durch ein Rillenmuster (nicht dargestellt) gekennzeichnet, das auf der Oberfläche der Welle 2 und/oder auf der Innenfläche der Lagerhülse 1 vorgesehen ist. Sobald die Welle 2 in Rotation versetzt wird, baut sich aufgrund des Rillenmusters ein hydrodynamischer Druck im Lagerspalt 4 bzw. im darin befindlichen fluiden Medium auf, so dass das Lager tragfähig wird.

- Ein durch eine mit der Welle 2 verbundene Druckplatte 5 und eine Abdeckplatte 6 gebildetes hydrodynamisches Drucklager am unteren Ende der Welle 2 sorgt für die axiale Positionierung der Welle 2 in Bezug auf die Lagerhülse 1 der Lageranordnung und nimmt die axialen Kräfte auf. Dieser Axiallagerbereich wird

durch die Abdeckplatte 5 luftdicht verschlossen, so dass kein Lagerfluid aus dem Lagerspalt 4 austreten kann, der sich als Lagerspalt 4' zwischen Druckplatte 5, Lagerhülse 1 und Abdeckplatte 6 fortsetzt. Damit sich ein ausreichender hydrodynamischer Druck im Axiallager aufbaut, sind die einander zugewandten Oberflächen der Druckplatte 5 und/oder der Abdeckplatte 6 ebenfalls mit einem Rillenmuster (nicht dargestellt) versehen.

Das freie Ende der Welle 2 trägt eine Nabe 7, auf dem eine oder mehrere Speicherplatten (nicht dargestellt) des Festplattenlaufwerks angeordnet und befestigt sind.

Als Antriebselemente werden erfindungsgemäß mehrere piezoelektrische Aktoren (allgemein mit Ziffer 8 bezeichnet) verwendet. Im dargestellten Beispiel sind sechs Aktoren 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, und 8f vorgesehen. Es können aber auch mehr oder weniger als sechs Aktoren vorgesehen sein. Die piezoelektrischen Aktoren 8a-8f sind segmentartig ausgebildet und in einem Zwischenraum zwischen der Lagerhülse 1 und der Abdeckplatte 6 ringförmig um die Druckplatte 5 angeordnet, wobei sich der mit dem fluiden Medium 10 gefüllte Lagerspalt 4' des hydrodynamischen Lagers zwischen den Aktoren 8 und der Druckplatte 5 fortsetzt.

Die Aktoren 8 sind derart ausgebildet, dass sie bei Anlegen einer elektrischen Spannung eine bezüglich der Rotationsachse 11 radiale Längenänderung ausführen, das heißt dass sich die Strecke zwischen dem Außen- und Innendurchmesser der Aktoren 8 ändert. Da zumindest Teile der Außenflächen der Aktoren 8 vorzugsweise fest an der radial innenliegenden Oberfläche der Lagerhülse 1 anliegen, wirkt sich die Längenänderung der Aktoren 8 ausschließlich radial nach innen in Richtung des Spaltes 4 bzw. der Druckplatte 5 aus.

30

Wie es in Figur 2b schematisch dargestellt ist, ist eine Steuerungseinrichtung 9 vorgesehen, die über Leitungsverbindungen mit den einzelnen Aktoren 8a-

8f verbunden ist. Durch die Steuerungseinrichtung 9 werden die piezoelektrischen Aktoren 8a-8f nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen Funktion angesteuert. Figur 3 zeigt ein einfaches Beispiel für den möglichen zeitlichen Verlauf der an die Aktoren 8a-8f angelegten

5 Steuerspannungen.

Die Aktoren werden vorzugsweise paarweise periodisch angesteuert. Dabei werden die Aktorenpaare 8a+8d, 8b+8e und 8c+8f nacheinander jeweils für ein Drittel einer Periode T angesteuert.

10 Gemäß Figur 2a ziehen sich die Aktoren 8a+8d bei Anregung in radialer Richtung zusammen, so dass sich der an diese Aktoren angrenzende Spalt 4' verbreitet. Dadurch entsteht kurzzeitig ein Unterdruck im Medium 10, der dadurch kompensiert wird, dass das Medium in Richtung dieses Spaltabschnitts fließt. Wie in Figur 2b zu sehen ist, werden nun die Aktoren

15 8a+8d ausgeschaltet und die Aktoren 8b+8e angeregt, so dass das Medium zwangsläufig im Gegenuhrzeigersinn in Richtung der Aktoren 8b+8e fließt. Schließlich werden gemäß Figur 2c die Aktoren 8c+8f angeregt, so dass das Medium in Richtung dieses Spaltabschnitts fließt. Hier wiederholt sich der Zyklus mit der Aktivierung der Aktoren 8a+8d.

20

Infolge der abwechselnden Aktivierung der Aktorenpaare 8a+8d, 8b+8e und 8c+8f werden im fluiden Medium 10 Druckunterschiede erzeugt, die sich in Form einer Wanderwelle fortsetzen, so dass das fluide Medium 10 im Lagerspalt 4' in eine kreisförmige Strömung versetzt wird. Die

25 Strömungsenergie des fluiden Mediums im Spalt 4' wird auf die Druckplatte 5 übertragen und in mechanische Energie zurückgewandelt, die den Rotor, bestehend aus Druckplatte 5, Welle 2 und Nabe 7, in Rotation versetzt.

30 Um eine bessere Übertragung der Strömungsenergie des Mediums 10 auf die Druckplatte 5 zu erreichen, ist die Druckplatte 5 an ihrem Außenumfang vorzugsweise mit rippenartigen Vorsprüngen 12 versehen, die vom Medium

umströmt werden. Diese Vorsprünge 12 setzen dem Medium einen Widerstand entgegen und wirken wie Schaufeln einer Turbine.

Liste der Bezugszeichen

- | | | | |
|----|----|----------------------------------|----|
| | 1 | Lagerhülse, Stator | |
| 5 | 2 | Welle | |
| | 3 | Basisflansch | |
| | 4 | Lagerspalt | 4' |
| | 5 | Druckplatte | |
| | 6 | Abdeckplatte | |
| 10 | 7 | Nabe | |
| | 8 | Piezoelektrische Aktoren (8a-8f) | |
| | 9 | Steuerungseinrichtung | |
| | 10 | Fluides Medium | |
| | 11 | Rotationsachse | |
| 15 | 12 | Vorsprünge | |

Patentansprüche

1. Piezoelektrische Antriebseinheit zur Erzeugung einer vorzugsweise
5 rotatorischen Antriebsbewegung, welche umfasst:
einen Stator (1), einen in Bezug auf den Stator um eine Rotationsachse
(11) drehbar angeordneten Rotor (2; 5; 7) und Antriebselemente in Form
von vorzugsweise mehreren piezoelektrischen Aktoren (8),
gekennzeichnet durch
einen mit einem fluiden Medium (10) gefüllten ringförmigen Spalt (4'), der
10 zwischen einander zugewandten Oberflächen des Stators (1) und des
Rotors (2; 5; 7) ausgebildet ist,
mehrere, an den Spalt angrenzend angeordnete piezoelektrische Aktoren
(8a-8f), die bei elektrischer Anregung nach einem vorgegebenen Schema
15 oder einer vorgegebenen Funktion eine im Wesentlichen radiale
Längenänderung in Richtung des Spaltes (4') ausführen, derart, dass die
abgegebene mechanische Energie der Aktoren als Strömungsenergie auf
das fluide Medium übertragen wird, wobei die Strömungsenergie des
fluiden Mediums auf den Rotor übertragen und in eine rotatorische
20 Antriebsbewegung des Rotors (2; 5; 7) umgesetzt wird.
2. Piezoelektrische Antriebseinheit nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, dass die piezoelektrischen Aktoren (8a-8f) entlang des
Umfangs des Spaltes (4') angeordnet sind.
- 25 3. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrischen Aktoren
(8a-8f) in einer Ebene angeordnet sind.
- 30 4. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrischen Aktoren
(8a-8f) segmentartig ausgebildet sind.

5. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil (5) des Rotors über seinen Umfang verteilt angeordnete, dem Spalt (4') zugewandte und von dem fluiden Medium umströmte rippenförmige Vorsprünge (12) aufweist.
5. 6. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (2; 5; 7) mittels eines hydrodynamischen Lagersystems im Stator gelagert ist.
10. 7. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (4') Teil des Lagerspaltes (4) des hydrodynamischen Lagers ist.
15. 8. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Spindelmotor ausgebildet ist.
20. 9. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Festplattenlaufwerks ist.
25. 10. Verfahren zur Erzeugung einer vorzugsweise rotatorischen Antriebsbewegung einer einen Stator (1) und einen Rotor (2; 5; 7) umfassende Antriebseinheit, wobei als Antriebselemente vorzugsweise mehrere piezoelektrische Aktoren (8) verwendet werden, **dadurch gekennzeichnet,** dass die von den piezoelektrischen Aktoren (8a-8f) abgegebene mechanische Energie in Strömungsenergie (hydrodynamische Energie) eines fluiden Mediums (10) gewandelt wird, und die Strömungsenergie des fluiden Mediums auf den Rotor übertragen und in eine rotatorische Antriebsbewegung des Rotors (2; 5; 7) umgesetzt wird.
- 30.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das fluide Medium in einem im Wesentlichen ringförmigen Spalt (4') aufgenommen ist, wobei die piezoelektrischen Aktoren (8a-8f) derart angeordnet sind und angesteuert werden, dass sie eine definierte, gerichtete Strömung des fluiden Medium innerhalb des Spaltes (4') erzeugen, und der Rotor von der Strömung in Rotation versetzt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömung im Spalt (4') quer zur Rotationsachse (11) der Antriebseinheit gerichtet ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrischen Aktoren (8a-8f) nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen Funktion elektrisch angesteuert werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in Bezug auf die Rotationsachse (11) gegenüberliegende piezoelektrischen Aktoren (8a+8d, 8b+8e, 8c+8f) paarweise angesteuert werden.

Zusammenfassung der Erfindung

5. Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Antriebseinheit und ein Verfahren zur Erzeugung einer vorzugsweise rotatorischen Antriebsbewegung. Die Antriebseinheit umfasst einen Stator, einen in Bezug auf den Stator um eine Rotationsachse drehbar angeordneten Rotor und Antriebselementen in Form von vorzugsweise mehreren piezoelektrischen Aktoren.
10. Erfindungsgemäß umfasst die Antriebseinheit ferner einen mit einem fluiden Medium gefüllten ringförmigen Spalt, der zwischen einander zugewandten Oberflächen des Stators und des Rotors ausgebildet ist, mehrere, an den Spalt angrenzend angeordnete piezoelektrische Aktoren, die bei elektrischer Anregung nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen
15. Funktion eine im Wesentlichen radiale Längenänderung in Richtung des Spaltes ausführen, derart, dass die abgegebene mechanische Energie der Aktoren als Strömungsenergie auf das fluide Medium übertragen wird, wobei die Strömungsenergie des fluiden Mediums auf den Rotor übertragen und in eine rotatorische Antriebsbewegung des Rotors umgesetzt wird.

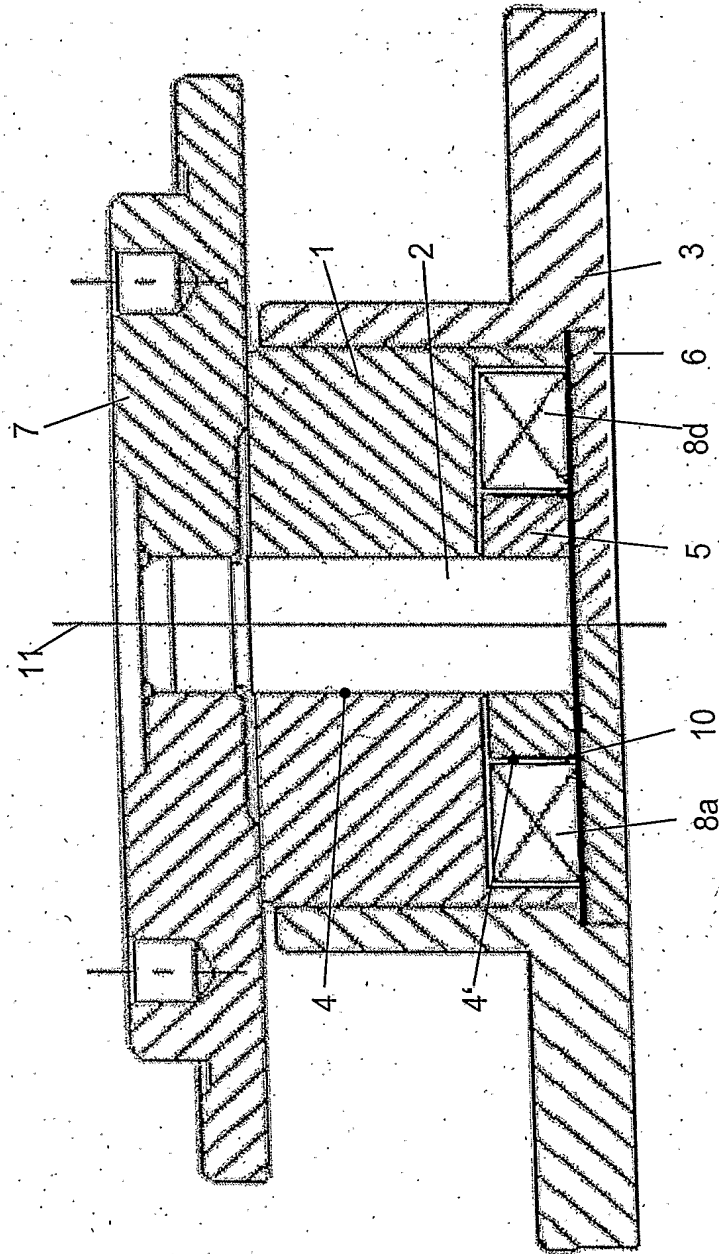


Fig. 1

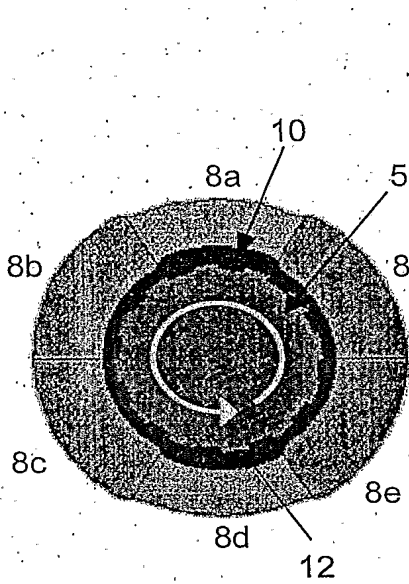


Fig. 2a

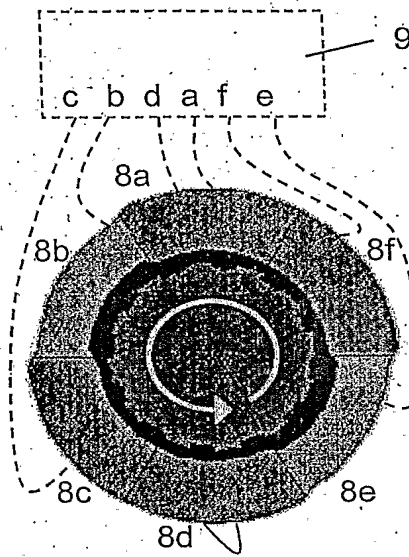


Fig. 2b

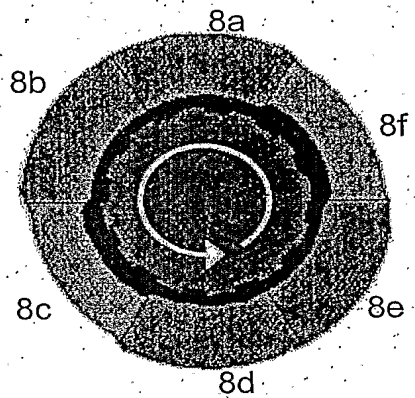


Fig. 2c

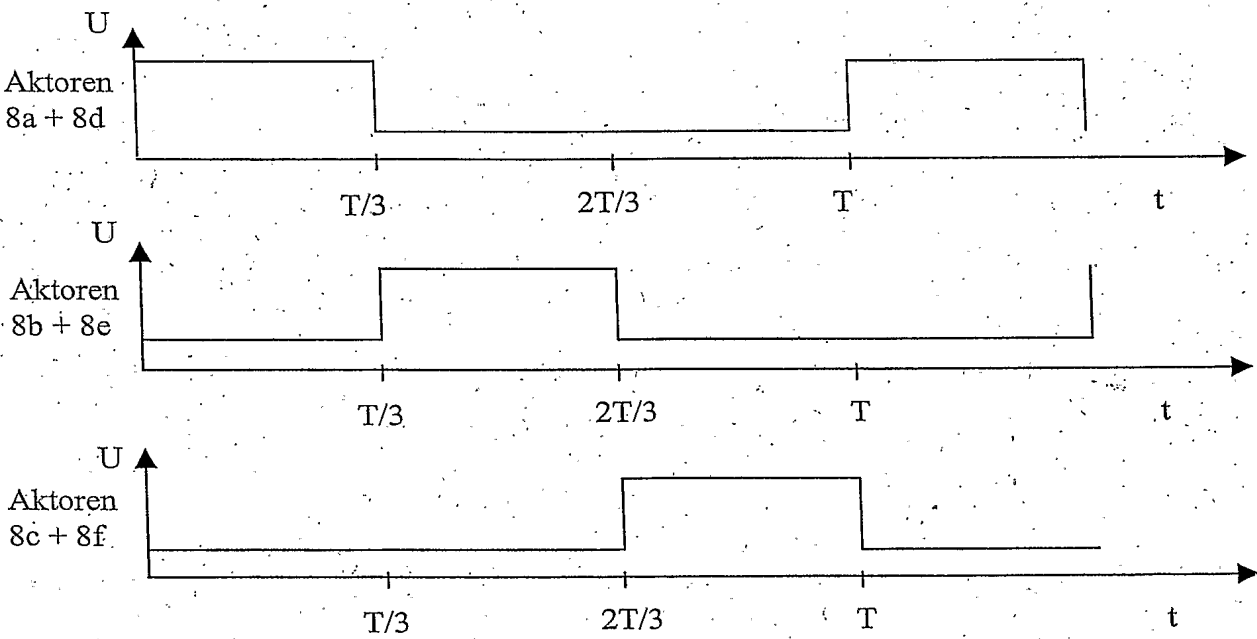


Fig. 3